

# ESTUDO DO POTENCIAL HIDROGEOLÓGICO DO LESTE DA ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS E EXTREMO NOROESTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

*José Augusto Costa Gonçalves<sup>1</sup>*

## RESUMO

Devido aos problemas naturais encontrados em um estudo hidrogeológico convencional em rochas fraturadas, tratou-se de forma especial a correlação existente entre as águas superficiais e subterrâneas, da qual extraíram-se alguns parâmetros que possibilitaram um prévio entendimento do comportamento hidrogeológico das unidades aquíferas da região. Como resultado constatou-se que, capacidade de armazenamento de água subterrânea é relativamente grande, quando se considera que todas as sub-bacias avaliadas são constituídas de aquíferos fissurados, mas cobertos por relativo espesso manto de intemperismo e associado a uma boa rede hidrográfica. Esse fato é consequência da natureza permeável das coberturas intemperizadas, associado também aos baixos valores do coeficiente de esgotamento, que é função inversa das características hidrodinâmicas dos sistemas aquíferos.

## INTRODUÇÃO

Os resultados obtidos através dos testes de produção dos poços são insuficientes para mensurar as reais potencialidades dos aquíferos. Estes resultados fornecem somente a capacidade de extração de água através dos poços tubulares, não considerando a parcela disponível para uma exploração sustentável. Assim, um pensamento mais completo das potencialidades de produção exige um conhecimento dos valores médios disponíveis para a captação de cada domínio aquífero fissural.

Entretanto, a natureza dos depósitos aquíferos e a localização das reservas subterrâneas impedem, quase sempre, nas situações práticas, a observação direta dos parâmetros e grandezas necessárias para a quantificação dessas reservas. Com o objetivo de quantificá-las, lança-se mão de métodos indiretos que consideram os efeitos das reservas subterrâneas sobre o regime fluvial observado na superfície. Portanto, o entendimento e a pesquisa da capacidade reguladora dos aquíferos sobre a descarga natural dos rios oferecem subsídios que auxiliam na estimação das reservas exploráveis.

## LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área de estudo localiza-se na Zona da Mata do Estado de Minas Gerais, abrangendo uma pequena faixa territorial do Noroeste do Estado do Rio de Janeiro, entre os paralelos

<sup>1</sup> Pós Graduação Universidade Federal de Ouro Preto / Hidrosonda - Poços Artesianos - hidrosonda@usa.net

21°00' e 21°24' de latitude sul e os meridianos 42°05' a 43°30' de longitude oeste de Greenwich, perfazendo uma superfície na ordem de 6000 Km<sup>2</sup>. Essa área tem cobertura cartográfica na folha Juiz de Fora (SF-23-X-D), na escala de 1:250.000.

## OS SISTEMAS AQUÍFEROS: IDENTIFICAÇÃO E CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS

A região está inserida hidrogeologicamente no Mapa de Províncias Hidrogeológicas do Brasil (Pessoa et al, 1980) na Sub-província Escudo Oriental 6-b. Ao se considerar o ambiente geológico da área de estudo, identificam-se duas categorias de sistemas aquíferos: um meio granular, caracterizado por depósitos aluvionares e coberturas detríticas, essas por restrições da escala de mapeamento, não foram representadas no mapa da Figura 1, e um meio fissural, representado por rochas cristalinas de diversas unidades litológicas. Em relação ao aquífero fissural adotou-se duas entidades espaciais de agrupamento, caracterizadas por um ou mais tipos predominantes e bem definidos de rocha reservatório, ambas associadas a uma unidade geológica regional específica. As condições hidrogeológicas e as litologias das unidades estudadas, acham-se sintetizadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Sistemas Aquíferos da área de estudo.

Sistemas Aquíferos	Litologia Predominante e Unidades Geológicas
<b>Meio Granular</b>	
Aluvial	Areias de depósitos aluviais – Quaternário
Coberturas Detríticas e Manto de Alteração	Areias, Siltes e Argilas – Terciário-Quaternário
<b>Meio Fissural</b>	
Rochas da Associação Xistos-Gnaisses-Migmatitos (Rochas metamórficas orientadas)	Biotita-Xistos, Biotita Gnaisses, Micaxistos, Migmatitos Indiscriminados do Complexo Paraíba do Sul (Pipsi) e Micaxistos, Biotita Gnaisses do Complexo Barbacena (Abi)
Rochas da Associação Charnockito-Granulito-Gnaisses-Granitos. (Rochas metamórficas não orientadas)	Charnockitos, Granulitos, Milonitos do Complexo Juiz de Fora (Ajf), Granulitos Itaperuna (Ait) e Intrusões Graníticas (pcGr)

## POTENCIAL E DISPONIBILIDADES HÍDRICAS

### CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO SUBTERRÂNEO

Numa bacia hidrográfica, todos os cursos de água que mantêm regime de escoamento permanente recebem águas subterrâneas de diversos sistemas aquíferos. Essas águas podem representar o escoamento de base ou o componente subterrâneo do escoamento superficial total. Em consequência disso, os deflúvios superficiais no tempo da estiagem dependem quase que exclusivamente da capacidade de retenção dos aquíferos e o estudo dessa variação sazonal poderá fornecer boas relações e revelações sobre as águas subterrâneas armazenadas.

Dentro dos sistemas aquíferos, considera-se que o equilíbrio de fluxo das águas que entram seja igual aos volumes de saída. Assim, ao se conhecer o quanto é restituído das águas subterrâneas aos rios, pode-se determinar em que proporção as águas subterrâneas participam

do escoamento superficial total, permitindo ainda a determinação do escoamento subterrâneo unitário, sendo esses equivalentes à capacidade de armazenamento subterrâneo das bacias, segundo Castany (1975).

O estudo da capacidade de armazenamento subterrâneo numa bacia hidrográfica é feito com base no deflúvio do período de esgotamento ou recessão hidrológica que, no caso da região estudada, se inicia em abril estendendo-se até fins de setembro. O esgotamento significa a diminuição da água armazenada nos diversos sistemas aquíferos da bacia, denotando, assim, o regime dos cursos de água em período de déficit pluviométrico. Esses parâmetros e suas correlações foram estudados a partir da construção de hidrogramas.

Da análise dos hidrogramas construídos (Figuras 2,3, e 4), a partir da quantificação das componentes superficiais e subterrâneas do escoamento para os rios da região estudada, utilizando-se dados de quatro estações no eixo do rio Pomba, duas no eixo do rio Muriaé e uma do rio Novo, observou-se que é bem caracterizado o regime fluvial dos mesmos, destacando um período de esgotamento que tem início em abril e estende-se até fins de setembro e um período de cheias que vai do mês de outubro até o mês de abril.

A regularização dos fluxos de base não depende, exclusivamente, das reservas hídricas armazenadas mas também das descargas dessas reservas para os cursos d'água. Tais descargas estão condicionadas a um diferencial de carga hidráulica entre os depósitos subterrâneos e os canais fluviais para que ocorra o deslocamento da água entre os meios. A relação entre a carga hidráulica e a vazão transportada é geralmente denominada de curva de esgotamento.

A curva de esgotamento caracteriza o período de esgotamento dos aquíferos das bacias pela redução da água armazenada.

Para a região de estudo, devido às condições hidrogeológicas, onde encontram-se rochas de baixa permeabilidade, utilizou-se a fórmula de Maillet (Castany 1975, p. 531), que propicia a resolução da curva de esgotamento.

A fórmula de Maillet é :  $Q_t = Q_0 \cdot e^{-\alpha(t-t_0)}$

onde :

$Q_t$  = vazão no instante  $t$  em  $m^3/s$ ;

$Q_0$  = vazão no instante inicial do esgotamento  $t_0$ , em  $m^3/s$ ;

$\alpha$  = coeficiente de esgotamento;

$t$  = período desde o início do esgotamento, em dias;

$e$  = base dos logaritmos neperianos ( 2,71828).

Tomando-se os logaritmos dos dois membros da equação, a expressão do coeficiente de esgotamento ( $\alpha$ ) resulta em:

$$\alpha = \frac{\log Q_0 - \log Q_t}{0,4343 t}$$

Através dessa expressão e dos hidrogramas traçados com dados diários de descarga, foi possível a determinação dos coeficientes de esgotamento de alguns trechos a montante das bacias dos rios Pomba, Novo e Muriaé, Tabela 2, referentes às estações fluviométricas situadas dentro da área de estudo. A delimitação das bacias estudadas e suas características está representada na Figura 5.

O coeficiente de esgotamento de uma bacia hidrográfica é função inversa das dimensões, do coeficiente de armazenamento e do coeficiente de permeabilidade de Darcy dos sistemas aquíferos.

Assim, deduz-se que o valor do coeficiente de esgotamento é tanto menor quanto maiores forem os parâmetros dimensionais e hidrodinâmicos dos aquíferos desta bacia.

A determinação da capacidade de armazenamento é dada pela expressão :

$$V = \frac{Q_0}{\alpha}$$

Como  $\alpha$ , na curva de esgotamento, se calcula em dias, temos:

$$V = \frac{86400 Q_0}{\alpha}$$

Essa expressão calcula o volume de água subterrânea armazenado no instante  $t_0$ , acima do nível de base.

As parcelas dos volumes totais dos depósitos subterrâneos que participam da contribuição para a perenização dos regimes mananciais superficiais, geralmente são denominadas de “reservas reguladoras” ou “reservas renováveis”.

Para a obtenção dos resultados pretendidos para este estudo, retirou-se o conceito de todos esses fundamentos teóricos, de que as reservas reguladoras das formações aquíferas podem ser estimadas quando conhecidos a curva de esgotamento e o regime dos deflúvios de base no canal fluvial.

Os resultados do estudo realizado nas sub-bacias dos rios Pomba, Muriaé e Novo, nas sete estações fluviométricas já referidas, são apresentados nas Tabelas 2 e 3. Além de dados físicos das sub-bacias, como área de drenagem e distribuição percentual dos aquíferos, os quadros mostram dados referentes aos deflúvios total, superficial, subterrâneo, capacidade de armazenamento, descarga subterrânea específica e coeficiente de esgotamento. Para uma obtenção dos dados e resultados constantes nesses quadros, devemos atentar para algumas particularidades dos trechos de bacia drenados nas estações consideradas, tais como:

- o percentual do deflúvio subterrâneo com relação ao deflúvio total, dentro de uma sub-bacia, apresenta valores bastante elevados, superiores a 60% para todas as estações, independente do período.

- A descarga subterrânea específica reflete a capacidade de restituição subterrânea dos aquíferos por  $\text{km}^2$ , caracterizando a potencialidade dos aquíferos que ocorrem na bacia. Den-

to desse propósito, observamos que, nas sub-bacias drenadas para o rio Pomba, as contribuições decrescem de montante para jusante, enquanto para as sub-bacias do rio Muriaé ocorre o inverso.

· A estação do rio Novo, em Usina Maurício, entre todas, apresenta a menor área de drenagem e a maior capacidade de armazenamento.

· Os coeficientes de esgotamento têm valores baixos para as estações fluviométricas que drenam para o rio Pomba, indicando grande capacidade de infiltração e armazenamento, que entretanto não condizem com bacias onde predominam aquíferos fissurados. A presença de aquíferos granulares de cobertura pode explicar essa condição. Já os coeficientes de esgotamento das estações situadas na sub-bacia do rio Muriaé apresentam valores maiores (0,00516 e 0,00535), portanto mais compatíveis com as características hidrogeológicas de bacias representadas por aquíferos fissurados.

DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DOS AQUÍFEROS NAS RESPECTIVAS SUB-BACIAS											
SUB-BACIAS RIOS	LOCAL DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS	ÁREA DE DRENAGEM Km <sup>2</sup>	Distribuição dos Aquíferos ( % )							COEFICIENTE DE ESGOTAMENTO ( dia <sup>-1</sup> )	DESCARGA SUBTERRÂNEA ESPECÍFICA ( l/s/km <sup>2</sup> )
			PcGr	KSn	Ait	Ajf	Abi	Pipsi	Qa		
RIO POMBA	GUARANI	1987	---	---	---	---	99,10	---	0,90	0,00315	13,7
RIO POMBA	ASTOLFO DUTRA	2689	---	0,13	---	4,70	94,30	---	0,87	0,00359	12,8
RIO NOVO	USINA MAURÍCIO	1889	---	---	---	49,50	48,20	2,30	---	0,00362	12,3
RIO POMBA	CATAGUASES	6244	---	0,06	---	27,00	71,40	0,70	0,84	0,00368	12,6
RIO POMBA	SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA	8245	0,29	0,02	0,84	31,30	54,20	12,50	0,85	0,00393	10,9
RIO MURIAE	PATROCÍNIO DE MURIAÉ	2990	0,80	---	2,60	47,30	---	48,90	0,40	0,00516	9,9
RIO MURIAE	ITAPERUNA	5829	1,90	---	5,00	46,70	---	43,50	2,90	0,00535	10,8

Tabela 2 - Coeficiente de Esgotamento das Sub-Bacias dos Rios Pomba, Muriaé e Novo.

DEFLUVIOS										
SUB-BACIAS RIOS	LOCAL DA ESTAÇÃO	PERÍODO	ÁREA DE DRENAGEM (Km <sup>2</sup> )	DEFLÚVIO TOTAL (l/m <sup>2</sup> /ano)	DEFLÚVIO SUPERFICIAL (l/m <sup>2</sup> /ano)	DEFLÚVIO SUBTERRÂNEO (l/m <sup>2</sup> /ano)	CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO (l/m <sup>2</sup> /ano)	% DO DEFLÚVIO SUBTERRÂNEO, RELATIVO AO TOTAL DA ESTAÇÃO CONSIDERADA	% DO DEFLÚVIO SUBTERRÂNEO, RELATIVO AO DEFLÚVIO SUBTERRÂNEO EM SANTO ANTONIO DE PÁDUA	DESCARGA SUBTERRÂNEA ESPECÍFICA (L/s/Km <sup>2</sup> )
RIO POMBA	GUARANI	1939/40-1988/89	1987	1.117,9	271,7	846,2	960,0	76	30	13,4
RIO POMBA	ASTOLFO DUTRA	1939/40-1988/89	2689	1.393,3	322,9	1.070,4	1.095,0	77	38	12,6
RIO NOVO	USINA MAURÍCIO	1939/40-1988/89	1889	1.121,0	397,6	723,4	7.613,7	64	25,7	12,1
RIO POMBA	CATAGUASES	1939/40-1988/89	6244	3.461,0	1.004,9	2.456,1	2.512,1	71	87,3	12,4
RIO POMBA	SANTO ANTONIO DE PÁDUA	1935/36-1994/95	8245	4.044,0	1.228,8	2.815,1	2.682,1	69	100	10,9
RIO MURIAE	PATROCÍNIO DO MURIAÉ	1939/40-1988/89	2990	1.534,2	606,8	927,4	720,0	60	---	9,8
RIO MURIAE	ITAPERUNA	1934/35-1994/95	5829	3.028,2	1.053,3	1.974,8	1.566,5	65	---	10,8

Tabela 3 - Características Hidrogeológicas das Sub-Bacias dos Rios Pomba, Muriaé e Novo.

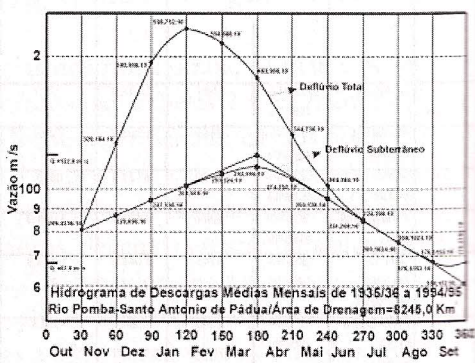
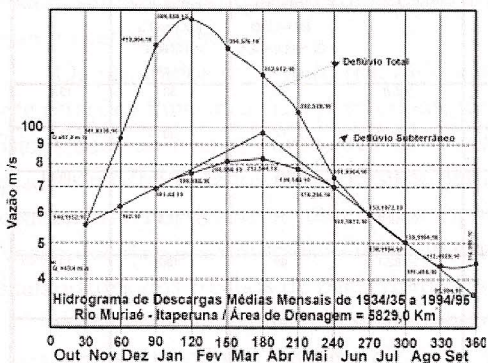
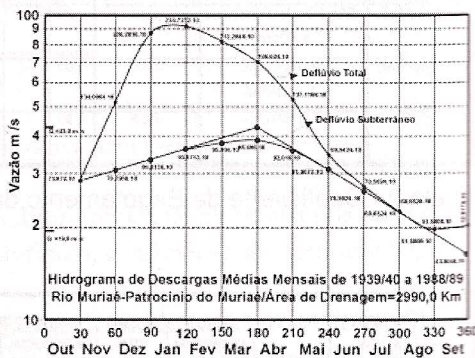
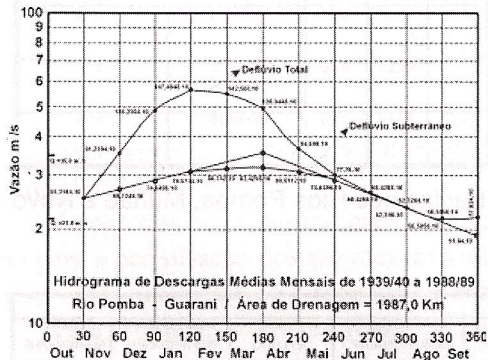
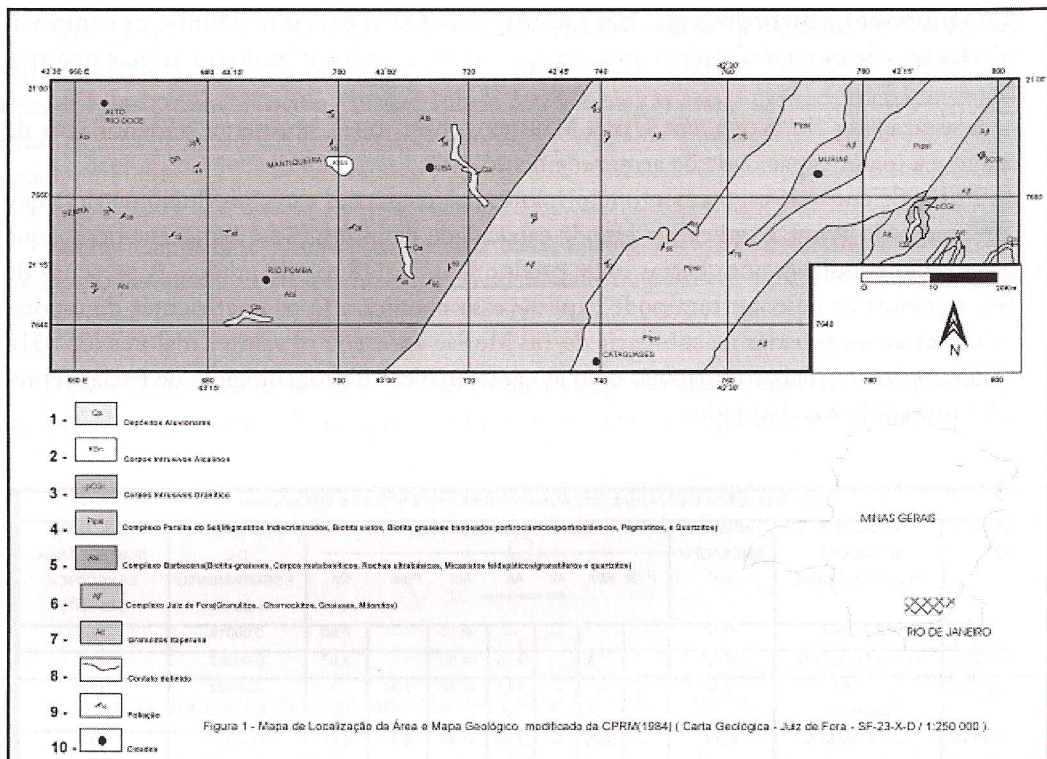


Figura 2 - Hidrogramas dos rios Pomba e Muriaé nas estações de Guarani e Itaperuna respectivamente.

Figura 3 - Hidrogramas dos rios Muriaé e Pomba nas estações de Patrocínio de Muriaé e Santo Antônio de Pádua respectivamente.

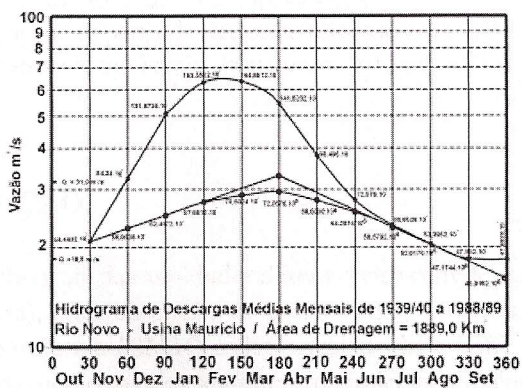
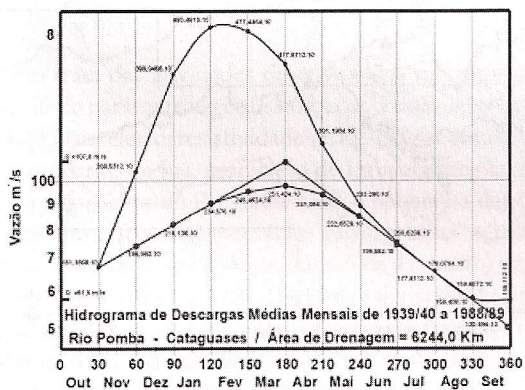
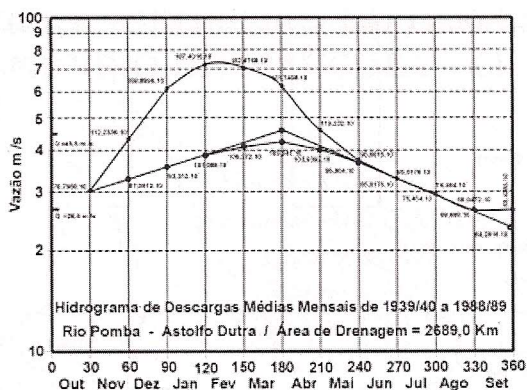


Figura 4 - Hidrogramas dos rios Pomba e Novo, nas estações de Astolfo Dutra, Cataguases e Usina Maurício respectivamente.

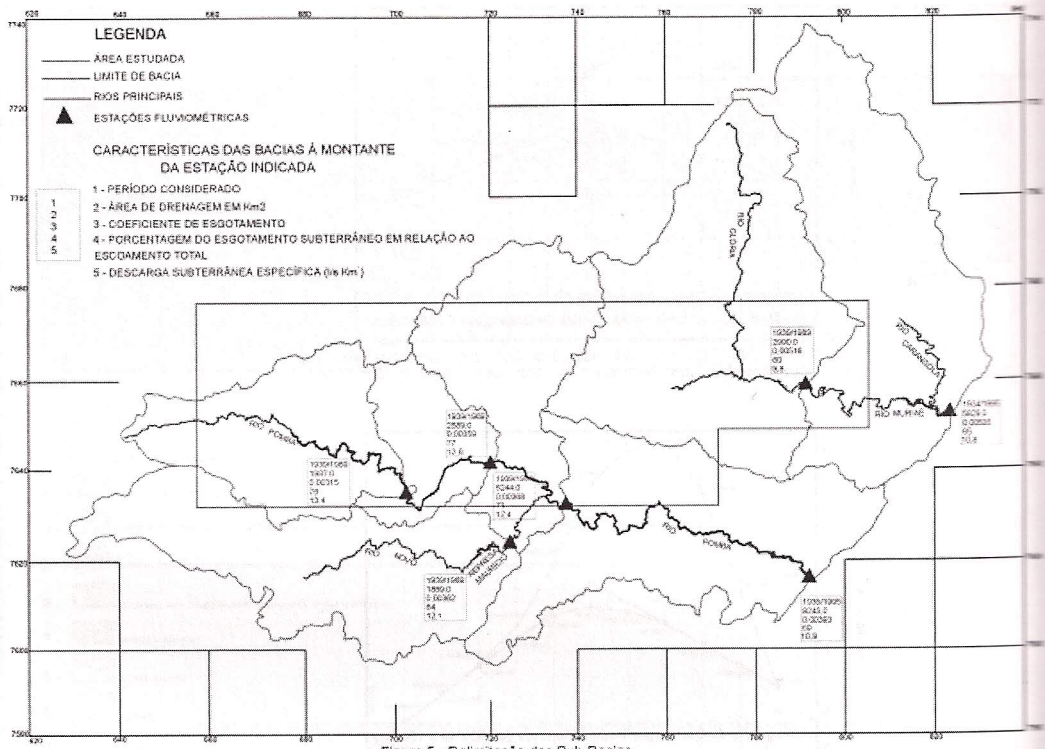


Figura 5 - Delimitação das Sub-Bacias